

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Тельновой Анны Юрьевны «Исследование процессов переноса в компактном сферическом токамаке Глобус-М» по специальности 1.3.9 — «Физика плазмы» представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертационная работа Тельновой А.Ю. посвящена исследованию переноса тепла и частиц в компактном сферическом токамаке Глобус-М, а также модернизации комплекса нейтральной инжекции для стабилизации параметров атомарного пучка.

Актуальность работы обусловлена необходимостью исследования процессов переноса тепла и частиц в установках, которые рассматриваются как перспективные для создания гибридного термоядерного реактора - источника нейтронов (ТИН), к которым относится в компактный сферический токамак Глобус-М. Понимание этих процессов, включая подавление аномального переноса и достижение неоклассического режима удержания, критически важно для повышения эффективности и экономической привлекательности термоядерных источников нейтронов.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Во введении обоснована актуальность исследования, сформулирована научная новизна, цели и задачи исследования, методология, выносимые на защиту положения. Приведены списки докладов и публикаций, демонстрирующие высокий уровень достоверности результатов.

В первой главе представлен обзор литературы: рассмотрены режимы работы токамаков (омический и с нейтральной инжекцией), скейлинги времени удержания энергии, особенности сферических токамаков (низкое аспектное отношение, высокий предел по бете), результаты исследований ионного теплопереноса на установках START, MAST и NSTX, а также режимы с обращённым профилем запаса устойчивости и формированием внутренних транспортных барьеров.

Во второй главе приведено описание экспериментальной установки - сферического токамака Глобус-М, его диагностического комплекса, а также комплекса нейтральной инжекции. Подробно описана модернизация инжектора: разработка новой системы напуска газа на основе пьезоклапана и реновация ионно-оптической системы источника ИПМ-2. Кроме того, глава содержит описание методов исследования процессов переноса, включая транспортный код ASTRA, неоклассический код NCLASS, а также коды NBI, NUBEAM и собранную из данных кодов транспортную модель для анализа процессов переноса в сферическом токамаке Глобус-М.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований процессов переноса на сферическом токамаке Глобус-М. В частности, рассматривается влияние увеличения тороидального магнитного поля до 0.5 Тл на интегральные параметры плазмы, анализируется формирование внутренних транспортных барьеров в

омических разрядах и разрядах с нейтральной инжекцией на стадии роста тока, а также детально исследуется ионный теплоперенос. Моделирование с использованием кода ASTRA и неоклассической теории показало, что ионная температуропроводность близка к неоклассическим значениям, а аномальные потери в ионном канале отсутствуют в исследованных режимах (при нормализованной частоте столкновений 0.03-0.14).

В заключении сделаны выводы о выполнении всех поставленных целей диссертационного исследования.

Диссертационное исследование изложено и выполнено на высоком научном уровне.

К диссертации Тельновой А.Ю. имеются следующие замечания:

- 1) Во введении диссертации отсутствует чётко изложенный личный вклад автора работ в полученные результаты
- 2) Автор во введении относит к классическим токамаком те, у которых аспектное соотношение больше 3, а к сферическим те, у которых оно меньше 2. Неясной является классификация токамаков с аспектным отношением от 2 до 3, таких как T-15МД.
- 3) На странице 22 автор пишет «Наблюдаемое улучшение удержание плазмы в сферических токамаках фактически показало позитивную тенденцию с уменьшением столкновительности, то есть $\tau_E \sim \nu^{*-l}$ ». Эти два утверждения не эквивалентны, второе утверждение является более сильным. Неясно, какое именно утверждение автор имел в виду
- 4) На странице 28 автор называет столкновительностью частоту столкновений, в то время как во всех других частях диссертации столкновительностью называют приведённую частоту столкновений.
- 5) В экспериментальной части работы уделяется внимание устранению эффекта «залипания» быстрого клапана газонапуска. Термин залипание не пояснён – предположительно имеется в виду задержка открытия клапана после подачи открывающего сигнала, не приведены графики, демонстрирующие данный эффект. Также и более важно для дальнейшего использования не пояснено, чем обоснован выбранный уровень тренировочных импульсов, их длительность, частота и в целом использование импульсной подачи тренировочного напряжения вместо гораздо более простого с технической точки зрения постоянного напряжения.

Сделанные замечания не снижают научной ценности диссертации. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Тельновой А.Ю. «Исследование процессов переноса в компактном сферическом токамаке Глобус-М» отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 "Физика плазмы" согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, а ее

автор Тельнова Анна Юрьевна заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент

Крат Степан Андреевич

кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Институт лазерных и плазменных технологий

Лаборатория физико-химических процессов в стенках термоядерных установок

Адрес организации: г. Москва, каширское шоссе 31, индекс 115409

Тел: +7-903-738-44-00

email: stepan.krat@gmail.com

/ Крат / Крат С.А.

11 мая 2026 года



ПОДПИСЬ

ЗАВЕРЯЮ

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА

П И УВН

МУКИРОВА Н.О.

ДАТА